

10/526031
PCT/JP03/11114

28 FEB 2004
29.08.03

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

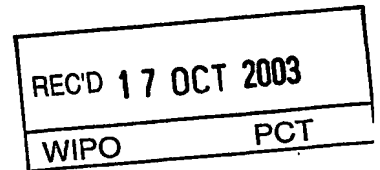
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 6月26日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-182996
[ST. 10/C]: [JP2003-182996]

出 願 人
Applicant(s): 日本精工株式会社



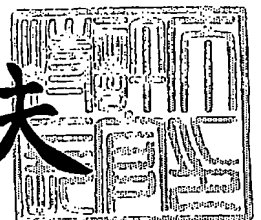
BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年10月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 P045128

【提出日】 平成15年 6月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F16C 19/52

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

 【氏名】 宮坂 孝範

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

 【氏名】 荒牧 宏敏

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

 【氏名】 武藤 泰之

【特許出願人】

 【識別番号】 000004204

 【氏名又は名称】 日本精工株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100105647

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 小栗 昌平

 【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】

【識別番号】 100105474

【弁理士】

【氏名又は名称】 本多 弘徳

【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】

【識別番号】 100108589

【弁理士】

【氏名又は名称】 市川 利光

【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】

【識別番号】 100115107

【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 猛

【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】

【識別番号】 100090343

【弁理士】

【氏名又は名称】 栗宇 百合子

【電話番号】 03-5561-3990

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 092740

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0002910

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 機械設備の状態監視方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回転体と摺動部材の少なくとも一つを備えた、機械設備の状態監視方法であって、

前記機械設備から発生する信号を基に、該機械設備の所定の物理量を分析し、
分析した結果と前記機械設備の異常の有無の診断基準となる情報とを第一の時間毎に比較照合して前記機械設備の異常の有無を仮診断し、

比較照合を所定の回数行った時、若しくは、第二の時間毎に、比較照合した結果に基づいて、異常と仮診断した回数が閾値以上である場合に異常と判定する総合評価を行い、前記機械設備の異常の有無及び異常部位を診断することを特徴とする機械設備の状態監視方法。

【請求項 2】 回転体と摺動部材の少なくとも一つを備えた、機械設備の状態監視方法であって、

前記機械設備から発生する信号を基に、該機械設備の所定の物理量を分析し、
分析した結果と前記機械設備の異常の有無の診断基準となる情報とを第一の時間毎に比較照合して前記機械設備の異常の有無を仮診断し、

比較照合を所定の回数行った時、若しくは、第二の時間毎に、比較照合した結果に基づいて、異常と仮診断した回数により異常の程度を判別する総合評価を行い、異常の有無及び異常部位を診断することを特徴とする機械設備の状態監視方法。

【請求項 3】 前記信号はデジタル信号に A/D 変換され、前記デジタル信号の周波数を分析する処理が行われ、前記機械設備の作動信号に基づき算出した前記機械設備の損傷に起因した周波数成分と実測データに基づく周波数成分とを前記第一の時間毎に比較照合することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の機械設備の状態監視方法。

【請求項 4】 前記信号は、増幅処理及びフィルタ処理が施されていることを特徴とする請求項 3 に記載の機械設備の状態監視方法。

【請求項 5】 前記機械設備の前記回転体と摺動部材の少なくとも一つは、転がり

軸受、ボールねじ、リニアガイド、リニアボールベアリングのいずれかであって

、

前記機械設備の作動信号は、前記転がり軸受及び前記ボールねじにおける回転速度信号であり、前記リニアガイド及び前記リニアボールベアリングにおける移動速度信号であることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の機械設備の状態監視方法。

【請求項 6】請求項 1 又は 2 に記載の状態監視方法を用いた、回転体と摺動部材の少なくとも一つを備えた、機械設備の状態監視装置であって、

前記機械設備から発生する信号を検出する少なくとも一つの検出処理部と、

前記検出処理部の出力した前記信号を基に、前記機械設備の状態を判定するための演算処理を実行するマイクロコンピュータを備えた演算処理部と、

前記演算処理部の判定結果を出力する結果出力部と判定結果に基づいて機械設備の制御系にフィードバックする制御器の少なくとも一方を備えた制御処理部と

、

を備えることを特徴とする機械設備の状態監視装置。

【請求項 7】前記検出処理部と前記マイクロコンピュータの少なくとも一方が前記回転体や前記摺動部材に組込まれていることを特徴とする請求項 6 に記載の機械設備の状態監視装置。

【請求項 8】前記回転体と前記摺動部材の少なくとも一つは、ラジアル荷重が負荷される軸受であって、

前記検出処理部は前記軸受の軌道輪と嵌合する軸受箱のラジアル荷重の負荷圏に固定されていることを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の機械設備の状態監視装置。

【請求項 9】請求項 6～8 のいずれか一つに記載の機械設備の状態監視装置を用いた鉄道車両用軸受装置の異常診断装置。

【請求項 10】請求項 6～8 のいずれか一つに記載の機械設備の状態監視装置を用いた風車用軸受装置の異常診断装置。

【請求項 11】請求項 6～8 のいずれか一つに記載の機械設備の状態監視装置を用いた工作機械主軸用軸受装置の異常診断装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、機械設備の状態監視方法及び装置に関し、より詳しくは、転がり軸受、ボールねじ、リニアガイド、リニアボールベアリング等のような、回転体と摺動部材の少なくとも一つを備えた、鉄道車両設備、工作機械、風車等の機械設備において、機械設備を分解することなく異常等の状態を監視する機械設備の状態監視方法及び装置に関する。

【0002】**【従来の技術】**

従来、鉄道車両設備、工作機械、風車等の機械設備では、回転体や摺動部材の磨耗や破損による不都合の発生を防止するために、定期的に分解目視検査を実施するようにしている。この分解目視検査は、装置の一定期間の使用後に、回転体や摺動部材を装置から取り外して分解し、熟練した専門の検査担当者が目視によって各構成部品の磨耗の度合いや傷の有無等を確認する。検査担当者は、新品の回転体や摺動部材にはない凹凸や磨耗等の異常を検出すると、新品に交換した後、再度組み立てを実施する。

【0003】

また、図7に示された従来の軸受の異常検知装置200は、軸受201の機械振動を電氣的振動に変換して出力するピックアップ202と、ピックアップ202の出力を増幅する自動利得制御増幅器203と、増幅器203の出力から駆動系や他の機械系から生ずるノイズを除去する1～15kHzのバンドパスフィルタ204と、バンドパスフィルタ204の出力の実効値を演算し自動利得制御増幅器203の利得制御端子に供給する実効値演算器205と、バンドパスフィルタ204の出力を入力する包絡線回路206と、包絡線回路206の出力を入力する実効値演算器207と、実効値演算器207の出力を入力しその値が所定値を超えたときにランプや接点出力で警報を出す警報回路208と、を備えた構成を有する（例えば、特許文献1参照。）。

【0004】

また、図8に示された従来の軸受の異常診断装置210は、転がり軸受211の近傍に配されるマイクロホン212と、増幅器213と、電子機器214と、スピーカ215と、モニタ216と、を備えた構成を有する。電子機器214は、演算処理装置であり、変換機としてのトランスジューサ217と、記録部としてのHDD218と、演算処理部としての異常診断部219と、アナログ変換出力部220とを備える（例えば、特許文献2参照。）。

また、図9に示された従来の軸受の異常診断装置では、センサ231が出力した電気的な信号波形が、アナログ・デジタル変換器232によってデジタルファイル化された後、波形処理部233に送られ、波形処理部233で、エンベロープ処理が行われてエンベロープスペクトルが得られる。また、波形処理部233では、抽出工程において、軸受構成部品の特定の周波数成分である、内輪傷成分、外輪傷成分、転動体傷成分が、所定の式を用いてエンベロープスペクトルにより抽出される。演算部234では、演算工程が行われ、判定部235では、比較工程が行われ、判定結果が出力回路236から出力され、スピーカ237やモニター238により検査員に報知される（例えば特許文献3参照。）。

【0005】

また、転がり軸受の振動による異常検出に用いられる信号処理方法として、同期加算分析が知られている。この分析方法では、フレーキング等による衝撃振動の発生間隔の周期に同期して振動信号を区切り、それを重ね合わせて次々加算していくことにより、異常に基づく振動信号を強調することで異常検出する。（例えば、非特許文献1参照。）。

【0006】

【特許文献1】

特開平2-205727号公報（第2-3頁、第1図）

【特許文献2】

特開2000-146762号公報（第4-6頁、第1図）

【特許文献3】

特開2001-021453号公報（第5-6頁、第1図）

【0007】

【非特許文献1】

転がり軸受の異常の検出および予知について “潤滑”、第23巻、第3号（1978）pp. 183～187

【0008】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、上記機械設備全体を分解して、担当者が目視で検査する方法では、装置から回転体や摺動部材を取り外す分解作業や、検査済みの回転体や摺動部材を再度装置に組み込み直す組み込み作業に多大な労力がかかり、装置の保守コストに大幅な増大を招くという問題があった。

【0009】

また、組立て直す際に検査前にはなかった打痕を回転体や摺動部材につけてしまう等、検査自体が回転体や摺動部材の欠陥を生む原因となる可能性があった。また、限られた時間内で多数の軸受を目視で検査するため、欠陥を見落とす可能性が残るという問題もあった。さらに、この欠陥の程度の判断も個人差があり実質的には欠陥がなくても部品交換が行われるため、無駄なコストがかかることになる。

【0010】

また、特許文献1～3に記載された異常診断装置では、振動ノイズの対策が開示されるに過ぎず、軸受が鉄道車両の車軸支持に用いられる場合、線路の継ぎ目を越える際に発生する大きな衝撃を異常信号として判断する可能性があり、異常判定に大きな影響を与える可能性がある。さらに、非特許文献1における同期加算分析でも上記のような衝撃を異常信号として判断してしまうと、加算結果に大きな影響を与える可能性がある。

そこで、本発明は、鉄道車両設備や工作機械や風車等の機械設備のように分解するのに手間が掛かるような装置を分解することなく、突発的なノイズ等の影響を受けにくい高精度な機械設備の状態監視方法及び装置を提供することを目的とする。

【0011】**【課題を解決するための手段】**

本発明の上記目的は、以下の構成によって達成される。

(1) 回転体と摺動部材の少なくとも一つを備えた、機械設備の状態監視方法であって、

前記機械設備から発生する信号を基に、該機械設備の所定の物理量を分析し、分析した結果と前記機械設備の異常の有無の診断基準となる情報とを第一の時間毎に比較照合して前記機械設備の異常の有無を仮診断し、

比較照合を所定の回数行った時、若しくは、第二の時間毎に、比較照合した結果に基づいて、異常と仮診断した回数が閾値以上である場合に異常と判定する総合評価を行い、前記機械設備の異常の有無及び異常部位を診断することを特徴とする機械設備の状態監視方法。

(2) 回転体と摺動部材の少なくとも一つを備えた、機械設備の状態監視方法であって、

前記機械設備から発生する信号を基に、該機械設備の所定の物理量を分析し、分析した結果と前記機械設備の異常の有無の診断基準となる情報とを第一の時間毎に比較照合して前記機械設備の異常の有無を仮診断し、

比較照合を所定の回数行った時、若しくは、第二の時間毎に、比較照合した結果に基づいて、異常と仮診断した回数により異常の程度を判別する総合評価を行い、異常の有無及び異常部位を診断することを特徴とする機械設備の状態監視方法。

(3) 前記信号はデジタル信号にA/D変換され、前記デジタル信号の周波数を分析する処理が行われ、前記機械設備の作動信号に基づき算出した前記機械設備の損傷に起因した周波数成分と実測データに基づく周波数成分とを前記第一の時間毎に比較照合することを特徴とする(1)又は(2)に記載の機械設備の状態監視方法。

(4) 前記信号は、増幅処理及びフィルタ処理が施されていることを特徴とする(3)に記載の機械設備の状態監視方法。

(5) 前記機械設備の前記回転体と摺動部材の少なくとも一つは、転がり軸受、ボールねじ、リニアガイド、リニアボールベアリングのいずれかであって、

前記機械設備の作動信号は、前記転がり軸受及び前記ボールねじにおける回転

速度信号であり、前記リニアガイド及び前記リニアボールベアリングにおける移動速度信号であることを特徴とする（３）又は（４）に記載の機械設備の状態監視方法。

（６）（１）又は（２）に記載の状態監視方法を用いた、回転体と摺動部材の少なくとも一つを備えた、機械設備の状態監視装置であって、

前記機械設備から発生する信号を検出する少なくとも一つの検出処理部と、

前記検出処理部の出力した前記信号を基に、前記機械設備の状態を判定するための演算処理を実行するマイクロコンピュータを備えた演算処理部と、

前記演算処理部の判定結果を出力する結果出力部と判定結果に基づいて機械設備の制御系にフィードバックする制御器の少なくとも一方を備えた制御処理部と、
を備えることを特徴とする機械設備の状態監視装置。

（７）前記検出処理部と前記マイクロコンピュータの少なくとも一方が前記回転体や前記摺動部材に組込まれていることを特徴とする（６）に記載の機械設備の状態監視装置。

（８）前記回転体と前記摺動部材の少なくとも一つは、ラジアル荷重が負荷される軸受であって、

前記検出処理部は前記軸受の軌道輪と嵌合する軸受箱のラジアル荷重の負荷圈に固定されていることを特徴とする（６）又は（７）に記載の機械設備の状態監視装置。

（９）（６）～（８）のいずれか一つに記載の機械設備の状態監視装置を用いた鉄道車両用軸受装置の異常診断装置。

（１０）（６）～（８）のいずれか一つに記載の機械設備の状態監視装置を用いた風車用軸受装置の異常診断装置。

（１１）（６）～（８）のいずれか一つに記載の機械設備の状態監視装置を用いた工作機械主軸用軸受装置の異常診断装置。

なお、所定の物理量は、音、振動、A E（acoustic emission）、温度、回転速度、移動速度、ひずみ等である。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の第1実施形態に係る機械設備の状態監視方法及び装置について詳細に説明する。図1は状態監視装置が適用される機械設備の断面図、図2は状態監視装置の概略図、図3は演算処理部のブロック図、図4は軸受の各部材の欠陥と各部材で発生する異常振動周波数の関係を示す関係式、図5は状態監視方法の診断処理の手順を示すフローチャートである。

【0013】

図1に示されるように、状態監視装置30（図2参照。）が適用される機械設備である鉄道車両設備10は、被検出対象物としての回転体及び摺動部材の少なくとも一つである複列円すいころ軸受11と、鉄道車両用台車の一部を構成する軸受箱12とを備える。

【0014】

複列円すいころ軸受11は、外周面に円すい外面状に傾斜した内輪軌道面15，15を有する一対の内輪14，14と、内周面に円すい内面状に傾斜した一対の外輪軌道面17，17を有する単一の外輪16と、内輪14，14の内輪軌道面15，15と外輪16の外輪軌道面17，17との間に複列で複数配置された転動体である円すいころ18と、円すいころ18を転動自在に保持する環状の打ち抜き保持器19，19と、一対のシール部材20，20とを備える。

軸受箱12は、ハウジング21と、ハウジング21の先端部に嵌着される前蓋22と、外輪16をハウジング21に組み付けた後、ハウジング21の後端部に嵌着される後蓋23とを備える。

【0015】

複列円すいころ軸受11の内輪には車軸24が圧入されており、外輪16はハウジング21と嵌合する。複列円すいころ軸受11には、種々部材の重量等によるラジアル荷重と任意のアキシアル荷重とが負荷されており、外輪16の上方部が負荷圏になっている。ここで、負荷圏とは、転動体に対して荷重が負荷される領域を指す。

【0016】

ハウジング21は、鉄道車両用台車の側枠を構成しており、外輪16の外周面

を覆うように円環形状に形成されている。ハウジング 21 の外周部には、複列円すいころ軸受 11 の各列の軸方向中央部に一对の凹部 25、25 が形成されている。凹部 25、25 は、状態監視装置 30 の一部を構成するセンサ 41、41 を収容する。

【0017】

次に、第 1 実施形態の状態監視装置 30 について説明する。状態監視装置 30 は、複列円すいころ軸受 11 の各列にそれぞれ設けられ、各列の状態を電気信号として出力するセンサ 41、41 を備えた検出処理部 40、40 と、鉄道車両設備 10 の欠陥や異常等の状態を判定するためにセンサ 41、41 の出力した電気信号を演算処理する演算処理部 50、50 と、演算処理部 50、50 の判定結果を制御・出力する制御処理部 60 とを備える。

【0018】

センサ 41、41 は、軸受 11 の回転状態に応じて変化する物理量として、音 J1、温度 J2、振動 J3、回転速度 J4、ひずみ J5、A E (acoustic emission)、移動速度等の、機械設備から運転中に発生する情報を検出し、電気信号として演算処理部 50、50 に出力可能な複数の検出素子を有する検出器である。なお、演算処理部 50、50 は電気信号を検出情報毎に適切に分配処理するので、センサ 41、41 は、音、温度、振動、回転速度、ひずみ、A E、移動速度等の特定の信号を独立に検出する各検出素子を複数組み合わせ用いてもよく、また、複数の情報を同時に検出可能な複合センサユニットをセンサ 41 として用いてもよい。

【0019】

また、検出器であるセンサ 41 の取り付け位置は、ラジアル荷重の負荷圏領域におけるハウジング 21 の外周部に取り付けている。このため、例えば、軸受軌道面に損傷が発生した場合、その損傷部を転動体が通過する際に生じる衝突力は無負荷圏よりも負荷圏の方が大きく、軸受負荷圏の方が感度良く異常振動を検出することができる。

さらに、センサ 41 は、ハウジング 21 に形成された凹部 25 に取り付けられているので、センサ 41 の取り付け状態や周りの環境 (ノイズ、水分、風圧等)

の影響を受けることがないため、高S/N比（信号対雑音比）で高精度な信号を検出することができる。なお、センサ41は、回転体や摺動部材等に組み込まれてもよい。

【0020】

また、センサ41は、防水・防油・防塵・防錆・防湿及び耐熱性・耐電磁ノイズ性の機能を付加または処理を施すことで、ノイズの影響を受けることが少なくなり好ましい。さらに、検出処理部40、40にアンプ機能を内蔵することで、特別な増幅器は必要なくなり、途中のケーブル等からノイズが入り込む心配もなくなるので、さらに好ましい。

【0021】

演算処理部50、50は、検出処理部40、40で出力された電気信号から機械設備の欠陥や異常等の状態を判定するために演算処理を行うもので、マイクロコンピュータによって実行される。マイクロコンピュータは、CPU、MPU、DSP等が搭載されたICチップ、メモリ等から構成される。

【0022】

演算処理部50、50は、図3に示されるように、データ蓄積分配部51、温度分析部52、回転分析部53、フィルタ処理部54、振動分析部55、比較判定部56、内部データ保存部57を備える。

【0023】

データ蓄積分配部51は、各検出素子から送られた電気信号を受け取り一時的に蓄積すると共に、信号の種類に応じて各分析部52、53、55の何れかに信号を振り分ける収集および分配機能を有している。各種信号は、データ蓄積分配部51に送られる以前に、図示しないA/Dコンバータによりデジタル信号にA/D変換され、図示しない増幅器によって増幅された後にデータ蓄積分配部51に送られる。なお、A/D変換と増幅は、順序が逆であっても構わない。

【0024】

温度分析部52は、温度情報J2を検出する検出素子からの出力信号を基に、軸受11の温度を算出し、算出した温度を比較判定部56に送信する。分析部52は、例えば検出素子の特性に応じた温度換算テーブルを有しており、検出信号

のレベルを基に、温度データを算出する。

【0025】

回転分析部53は、回転速度情報J4を検出する検出素子からの出力信号を基に、内輪14、即ち車軸24の回転速度を算出し、算出した回転速度を比較判定部56に送信する。なお、上記検出素子が、内輪14に取り付けられたエンコーダと外輪16に取り付けられた磁石及び磁気検出素子で構成されている場合には、検出素子が出力する信号は、エンコーダの形状と回転速度に応じたパルス信号となる。回転分析部53は、エンコーダの形状に応じた所定の変換関数又は変換テーブルを有しており、関数またはテーブルに従って、パルス信号から内輪14及び車軸24の回転速度を算出する。

【0026】

振動分析部55は、振動情報J3を検出する検出素子からの出力信号を基に、軸受11に発生している振動の周波数分析を行う。具体的には、振動分析部55は、振動信号の周波数スペクトルを算出するFFT計算部であり、FFTのアルゴリズムに基づいて、振動の周波数スペクトルを算出する。算出された周波数スペクトルは、比較判定部56に送信される。また、振動分析部55は、FFTを行う前処理として、絶対値処理やエンベロープ処理を行い、診断に必要な周波数成分のみに変換してもよい。振動分析部55は、必要に応じて、エンベロープ処理後のエンベロープデータも併せて比較判定部56に出力する。

【0027】

一般に、軸受の回転に起因して生じる振動の異常周波数帯は、軸受の大きさ、転動体の数等に依存して決まっている。軸受の各部材の欠陥と、各部材で発生する異常振動周波数の関係は、図4に示すとおりである。周波数分析においては、サンプリング時間に応じて、フーリエ変換可能な最大の周波数（ナイキスト周波数）が決まるため、ナイキスト周波数以上の周波数は、振動信号中に含まれていないことが好ましい。そのため、本実施形態では、データ蓄積分配部51と振動分析部55との間にフィルタ処理部54を設け、フィルタ処理部54にて所定の周波数を切り出し、切り出された周波数帯のみを含む振動信号を振動分析部55に送信するように構成している。鉄道車両において、低速で車軸が回転している

場合には、例えば、1 kHz以下の周波数成分のみを抽出するように構成すればよい。

【0028】

なお、図3では、温度分析部52、回転分析部53、振動分析部55が示されているが、分析部は、センサ41の各検出素子によって検出される情報に応じて設ければよい。

【0029】

比較判定部56は、各分析部によって分析された結果と、軸受の異常の有無の診断基準となる情報とを第一の時間 t_1 毎に比較照合し、軸受の異常の有無を仮診断する。また、比較判定部56は、第1の時間 t_1 毎に比較照合した仮診断結果を内部データ保存部57に送信して保存する。

さらに、比較判定部56が上記比較照合を所定の回数行った時、若しくは、第1の時間 t_1 より長い第2の時間 t_2 経過すると、内部データ保存部57に保存された仮診断結果を基に、異常と仮診断した回数が閾値以上である場合に異常とみなす総合評価をして、軸受の異常の有無とその異常部位を診断する。なお、総合評価は、異常と仮診断した回数により異常の程度を判別し、異常の有無とその部位を診断するように構成してもよい。

【0030】

具体的に、比較判定部56は、振動分析部55が求めた振動の周波数スペクトルと、内部データ保存部57に保存されている基準値とを第一の時間 t_1 毎に比較照合し、異常振動が発生しているかどうか仮診断する。ここで、基準値は、機械設備の作動信号である周期信号の回転速度信号に基づき算出した軸受の特定部位の磨耗や破損に起因した周波数成分のデータ値である。

【0031】

比較判定部56が行う振動情報を基にした仮診断の処理方法としては以下に示す方法を用いても良い。

【0032】

(1) エンベロープデータの実効値を基準値として用いる方法

本方法では、図4の式を基に、異常時に発生する周波数成分を求める。そして

、エンベロープデータの実効値を算出し、この実効値から比較用の基準値を求める。そして、基準値以上の周波数を算出し、異常時に発生する周波数成分との比較を行う。

【0033】

(2) スペクトルのピークを求め、ピーク周波数と異常周波数とを比較する方法
本方法では、図4の式を基に、異常時に発生する周波数成分を求める。そして、振動分析部56が求めた周波数スペクトルの中で所定数または基準値以上のピークについて、異常が発生する周波数成分に該当するかどうかを照合する。

【0034】

(3) 基本周波数と特定の高調波を用いる方法

本方法では、異常周波数成分の基本周波数である1次の値、基本周波数の倍の周波数を持つ2次の値、基本周波数の4倍の周波数を持つ4次の値について、ピークの周波数と異常時に発生する周波数とが一致しているかどうかを比較し、少なくとも2つの周波数において、異常有りと判断された場合には、最終的に異常有りと判断し、異常有りと判断された周波数が1つ以下である場合には、異常なしと判断する。

【0035】

(4) 基本周波数の自然数倍の高調波成分とのレベル差を基準値とする方法

本方法では、異常周波数成分の基本周波数である1次のレベルに対して、基本周波数の2, 3, 4, ... n倍の周波数を持つ2, 3, 4, ... n次のレベルが基準値以上となっている個数をカウントし、所定個数以上基準値を超えている場合に、異常が発生していると判断する。具体的には、1次のレベルに対し、n次の値が $\{(1 \text{ 次のレベル}) - (n-1) \cdot a\}$ (dB) 以上である場合に、カウントを行う。ここでaは、任意の値である。

【0036】

(5) 周波数帯域毎の実効値を用いる方法

本方法では、異常に起因する周波数のピークレベルそのものの値ではなく、異常に起因する周波数を含む周波数帯の実効値を用いて、異常診断を行う。具体的には、異常に起因する周波数を含む周波数帯の実効値とは、周波数帯のレベルの

自乗平均またはパーシャルオーバオールである。ここで、自乗平均及びパーシャルオーバオールは、予め定められた式により得られる。オーバオールは、特定の指定区間の総和を意味する。

【0037】

比較判定部56は、(1)～(5)の手法を用いて第1の時間 t_1 毎に比較照合して、異常の有無を仮診断した結果を内部データ保存部57に送信して保存する。また、比較判定部56で上記比較照合を所定の回数が行った時、若しくは、第1の時間 t_1 より長い第2の時間 t_2 経過すると、内部データ保存部57に保存された仮診断結果を基に、異常と仮診断した回数が閾値以上である場合に異常とみなす総合評価をして、異常の有無とその異常部位を診断する。

【0038】

なお、各検出対象における比較判定部56の結果は、メモリやHDD等の記憶媒体に保存されてもよいし、結果を制御処理部60に送信されてもよい。

【0039】

制御処理部60は、演算処理部50、50の分析結果や判定結果を所定の表示形態で表示する表示手段としての結果出力部62と、軸受11が組み込まれている車両の駆動機構の動作を制御する制御系に比較判定部56の判定結果に応じた制御信号をフィードバックする制御器61を備えている。

【0040】

結果出力部62は、具体的には、モニターや画像表示やプリンタへ印刷出力によって、演算処理部50の分析結果や判定結果を通知する他、演算処理部50の判定結果が異常有りの場合には、ライトやブザー等の警報装置による通知を行う。

【0041】

制御器61は、例えば、演算処理部50の判定結果が異常有りの場合に、異常の程度に応じて、車両の走行停止や、速度の減速等を示す制御信号を車両の走行制御器に送る。本実施形態では、複数のセンサ41は、軸受装置の軸受の状態を連続で測定し、演算処理部50は、測定されたデータに基づき順次異常診断するようにしている。従って、制御処理部60は、異常が発生したら即座に異常を通

知し、車両の制御を行う。即ち、検出、分析、判定及び結果出力の流れがリアルタイムに行なわれている。

【0042】

なお、検出処理部40、演算処理部50、制御処理部60間での信号の伝達は、的確に信号を送受信可能であればよく、有線でもよいし、ネットワークを考慮した無線を利用しても良い。

【0043】

次に、本実施形態の状態監視方法の診断処理について図5を参照して説明する。

。

まず、マイクロコンピュータ内のカウンタを $n=0$ に初期化して（ステップS101）、診断を開始する。検出処理部40のセンサ41により検出された鉄道車両設備10から発生する音・振動等の信号がマイクロコンピュータに入力される（ステップS102）。鉄道車両設備10から発生する信号はA/D変換器によってデジタル信号に変換され（ステップS103）、デジタル信号は増幅器によって増幅処理される（ステップS104）。増幅処理を行った後、カウンタの値は $n=n+1$ とする（ステップS105）。その後、フィルタ処理部54にて、増幅されたデジタル信号にフィルタ処理を行い（ステップS106）、ノイズ成分の除去または特定の周波数成分を抽出する。

【0044】

次いで、フィルタ処理後のデジタル信号は、振動分析部56に送られ、エンベロープ処理、周波数分析等の解析処理を行い（ステップS107、S108）、鉄道車両設備10から検出した信号を具現した実測データに基づく周波数成分を得る。一方、鉄道車両設備10の回転速度信号を検出処理部40のセンサ41にて検出し（ステップS109）、回転速度信号に基づいて基準値となる鉄道車両設備10の損傷に起因した理論周波数成分を算出する（ステップS110）。実測データに基づく周波数成分は、上記の（1）～（5）の手法に基づいて、ステップS110で算出された理論周波数成分と比較判定部56にて第一の時間 t_1 毎に比較照合され（ステップS111）、鉄道車両設備の特定部位に対する異常の有無の仮診断を行う。その結果は、各カウンタ値 n と共に内部データ保存部5

7に保存される（ステップS112）。

【0045】

その後、カウンタ値 n を所定回数 N と比較し（ステップS113）、カウンタ値 n が所定回数 N より小さい場合には、ステップS102に戻って、ステップS102～S112までの処理を繰り返す。カウンタ値 n が所定回数 N 以上となった時、 N 個の保存された結果を用いて、仮診断において異常と判定した回数が閾値以上である場合に異常とみなす評価（総合評価と呼ぶ）を行い、鉄道車両設備10の異常の有無とその部位を診断する（ステップS114）。そして、この診断結果を保存あるいは、制御処理部60へ送り、診断結果を表示したり（ステップS115）、制御部61にてフィードバック制御を行い、診断を終了する。

【0046】

したがって、本実施形態の状態監視方法では、複数の比較照合結果を用いて異常の有無及びその部位を診断する総合評価としたので、突発的なノイズ等が診断に及ぼす影響を小さくすることができるため、精度の良い監視を効率的に行うことができる。

【0047】

なお、本実施形態では、周波数成分を第1の時間 t_1 毎に比較照合しているの
で、総合評価するタイミングは、任意の所定回数 N の代わりに、第1の時間 t_1 より長い任意の第2の時間 t_2 を用いて評価しても良い。

また、本実施形態の状態監視方法で行われる増幅処理やフィルタ処理は任意であり、必要に応じて行われる。

【0048】

さらに、本実施形態の変形例として、図5のステップS114では、異常と仮診断した回数と閾値とを比較して異常の有無及びその部位を判定する総合評価としたが、代わりに異常と仮診断した回数により損傷の程度を判別するような総合評価として状態監視を行うことができる。これにより、直ちに停止させることができない機械設備等において計画的な保守が可能となる。

【0049】

図6は、本発明の第2実施形態に係る機械設備の状態監視装置の概略図である

。この第2実施形態の状態監視装置70では、センサ41を含んだ検出処理部とマイクロコンピュータからなる演算処理部とを組み合わせ、単一の処理ユニット80を、回転体や摺動部材の構成部品に組み込んでいる。これにより、状態監視装置70は管理を集中して行えるため、効率的な監視が可能である。また、単一の処理ユニット80を回転体や摺動部材に組み込むことで、装置全体がコンパクトになるといったメリットがあり好ましい。

その他の構成および作用は、第1実施形態のものとほぼ同じであるので、説明は省略する。

【0050】

なお、本発明は、前述した実施形態に限定されるものではなく、適宜、変形、改良、等が可能である。本実施形態では、鉄道車両設備における複列円すいころ軸受について状態監視が行われたが、工作機械や風車等その他の機械設備にも適用可能である。

また、回転体や摺動部材として転がり軸受である複列円すいころ軸受が用いられたが、転がり軸受の他にボールねじ、リニアガイド、リニアボールベアリング等にも状態監視方法および装置を適用することができる。この場合、比較照合のための基準値算出に用いられる機械設備の作動信号は、回転体である転がり軸受やボールねじ等の場合には回転速度信号が用いられ、摺動部材であるリニアガイドやリニアボールベアリング等の場合には移動速度が用いられる。

【0051】

さらに、状態監視方法及び装置の異常の有無は、少なくとも音、温度、振動、回転速度、ひずみ、AE、移動速度から選択される少なくとも一つの検出素子を含む検出器があれば解析可能であるが、音、振動、AEを検出する検出素子を少なくとも一つ用いて解析することが好ましい。また、振動情報を用いて解析することは、過去の異常データベースを利用できる点で望ましい。ただし、微小クラック発生の初期段階で異常を検出したい場合や、内部欠陥を検出するには、振動情報の代わりにAE情報を用いる方が適切である。温度情報は、振動情報やAE情報と組み合わせて異常診断に用いるほうが、単独で用いる場合より効果が大きい。

【0052】

【発明の効果】

本発明によれば、簡単な構成で回転体や摺動部材の少なくとも一つ含む機械設備の状態を分解することなく監視でき、さらに、回転体や摺動部材の少なくとも一つを含む機械設備の欠陥または異常を検査することができる。これにより、装置の分解や組み立てにかかる手間を軽減できると共に、分解や組み立てに伴う回転体や摺動部材の損傷防止が図れる効果がある。さらに、突発的なノイズ等診断に及ぼす影響を小さくすることができ、監視が効果的に行われるため、より精度の高い診断が可能となり、目視による検査では見落とす可能性がある欠陥の発見が可能となる効果もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】

状態監視装置が適用される機械設備の断面図である。

【図2】

状態監視装置の概略図である。

【図3】

図2の演算処理部のブロック図である。

【図4】

軸受の各部材の欠陥と各部材で発生する異常振動周波数の関係を示す関係式である。

【図5】

状態監視方法の診断処理の手順を示すフローチャートである。

【図6】

本発明の第2実施形態に係る機械設備の状態監視装置の概略図である。

【図7】

従来の軸受の異常検出装置を示す概略図である。

【図8】

従来の他の軸受の異常検出装置を示す概略図である。

【図9】

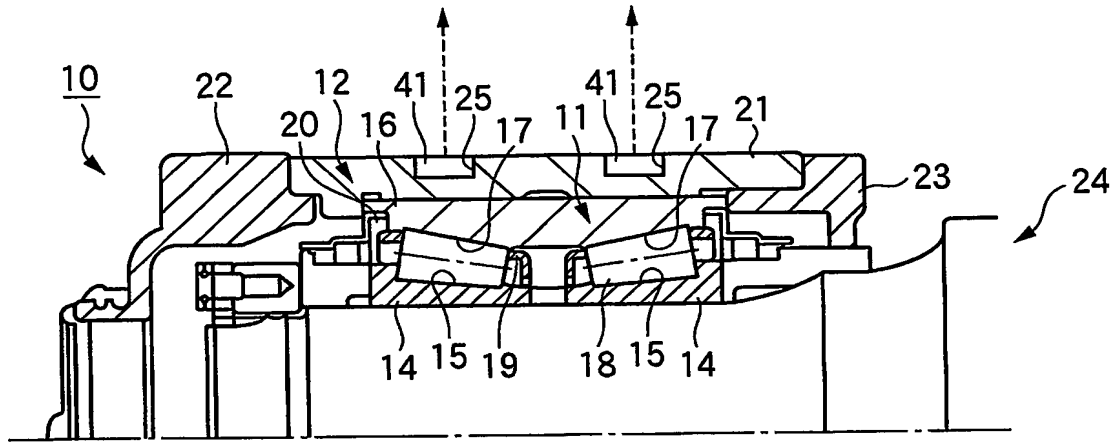
従来の更に他の軸受の異常検出装置を示す概略図である。

【符号の説明】

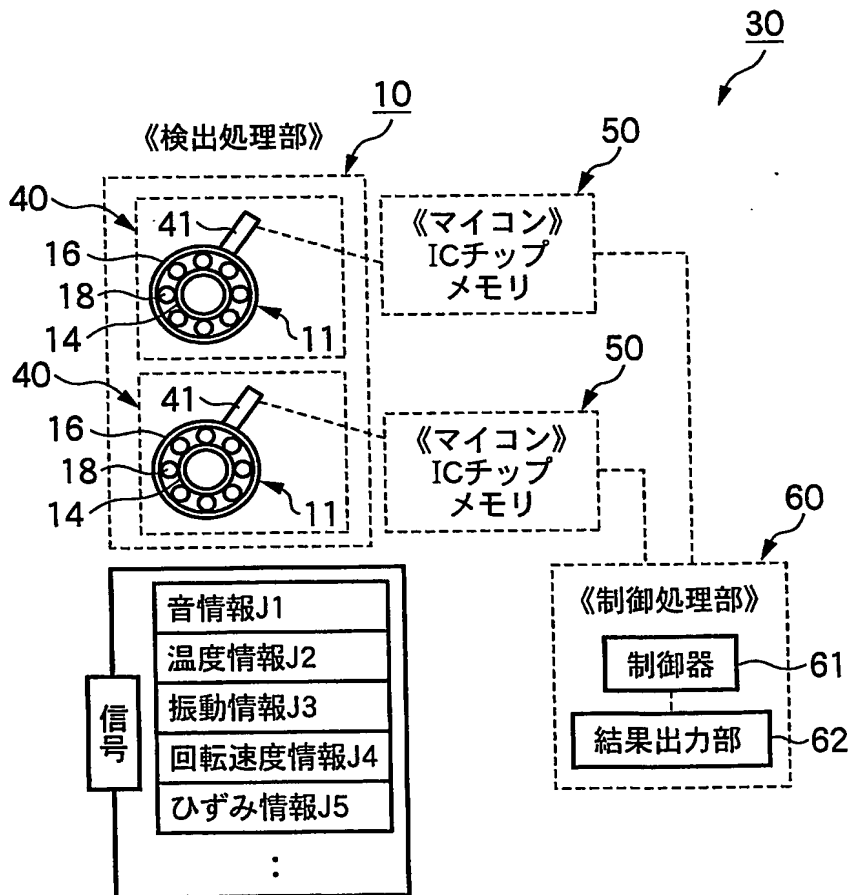
- 1 0 鉄道車両設備（機械設備）
- 1 1 複列円すいころ軸受（回転体）
- 3 0, 7 0 状態監視装置
- 4 0 検出処理部
- 4 1 センサ
- 5 0 演算処理部
- 5 1 データ蓄積分配部
- 5 2 温度分析部
- 5 3 回転分析部
- 5 4 フィルタ処理部
- 5 5 振動分析部
- 5 6 比較判定部
- 5 7 内部データ保存部
- 6 0 制御処理部
- 6 1 制御部
- 6 2 結果出力部

【書類名】 図面

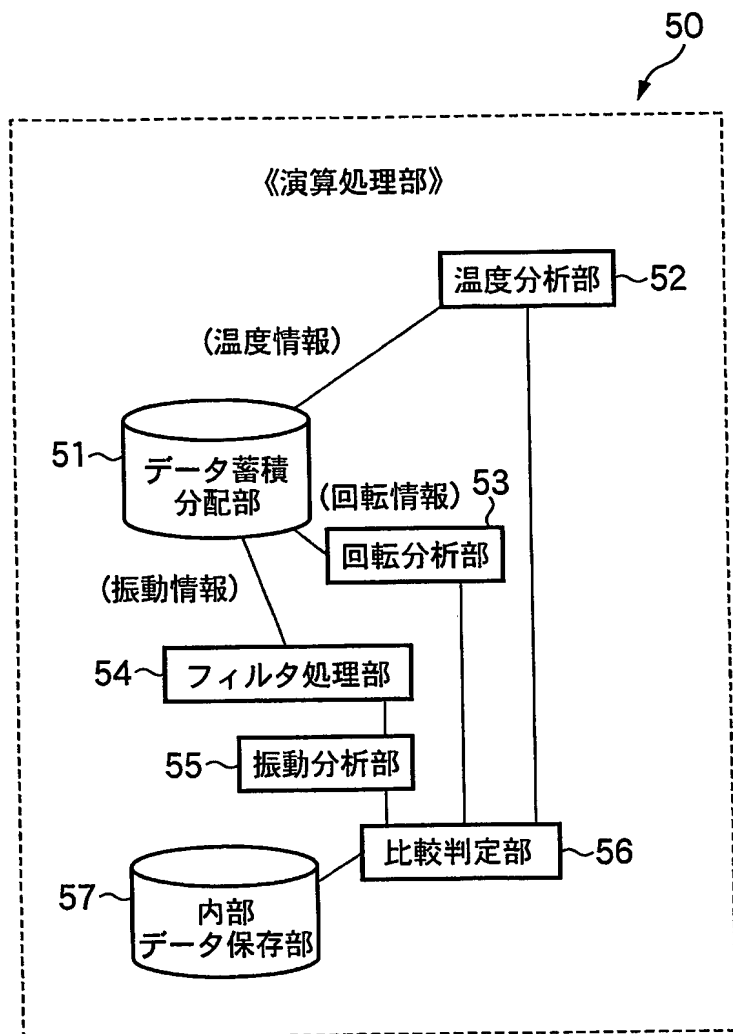
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

転がり軸受の傷	エンベロープ処理後の周波数
内輪 (Si)	$Zf_i = \frac{fr}{2} \left(1 + \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right) Z$ [Hz]
外輪 (So)	$Zf_c = \frac{fr}{2} \left(1 - \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right) Z$ [Hz]
転動体 (Sb)	$2fb = fr \left(1 - \frac{Da^2}{dm^2} \cos^2 \alpha \right)$ [Hz]
保持器 (Sc)	$f_c = \frac{fr}{2} \left(1 - \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right)$ [Hz]

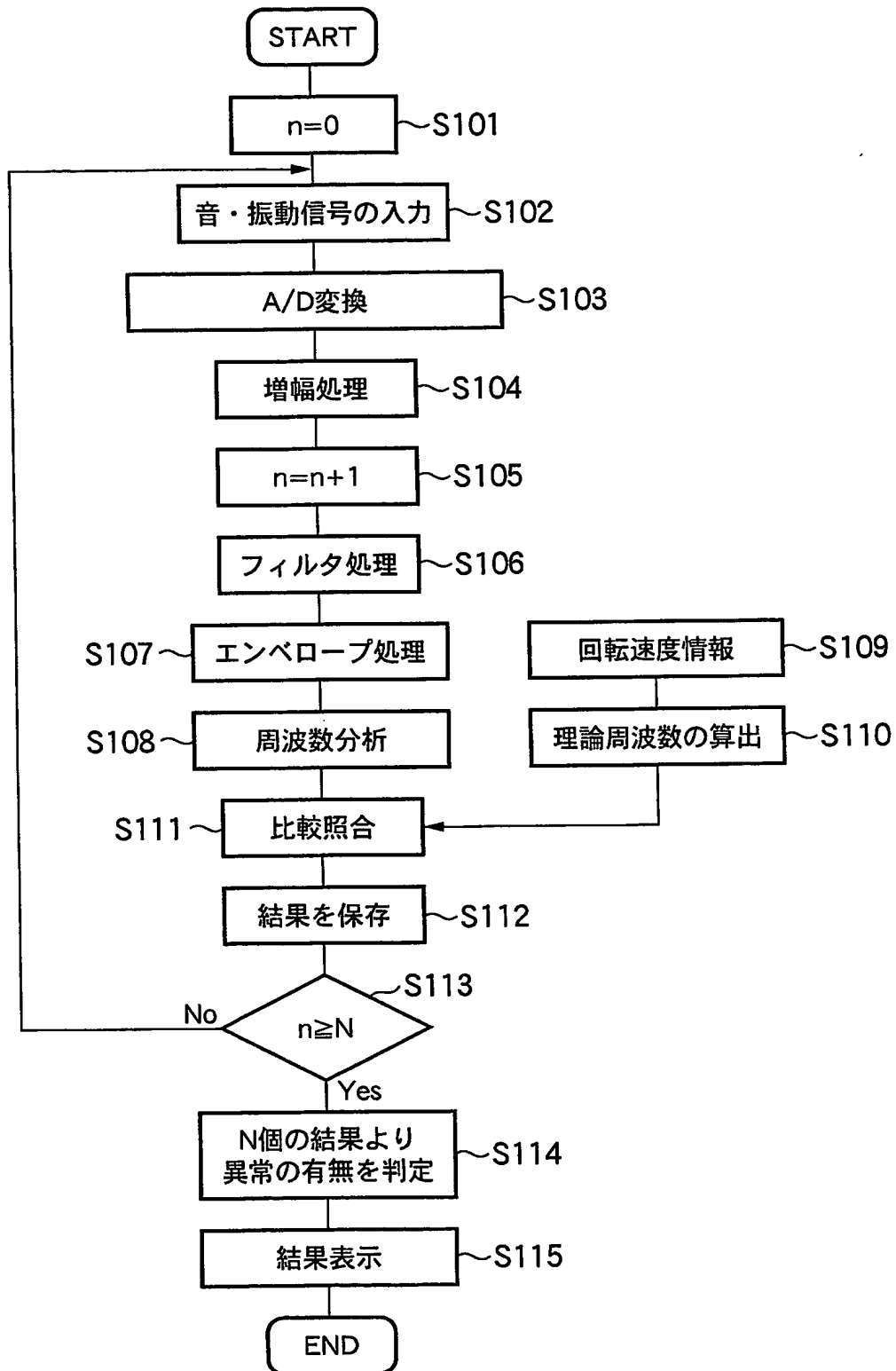
fr:内輪回転速度 [Hz] Z:転動体の数

fc:保持器回転速度 [Hz] fi:fr-fc

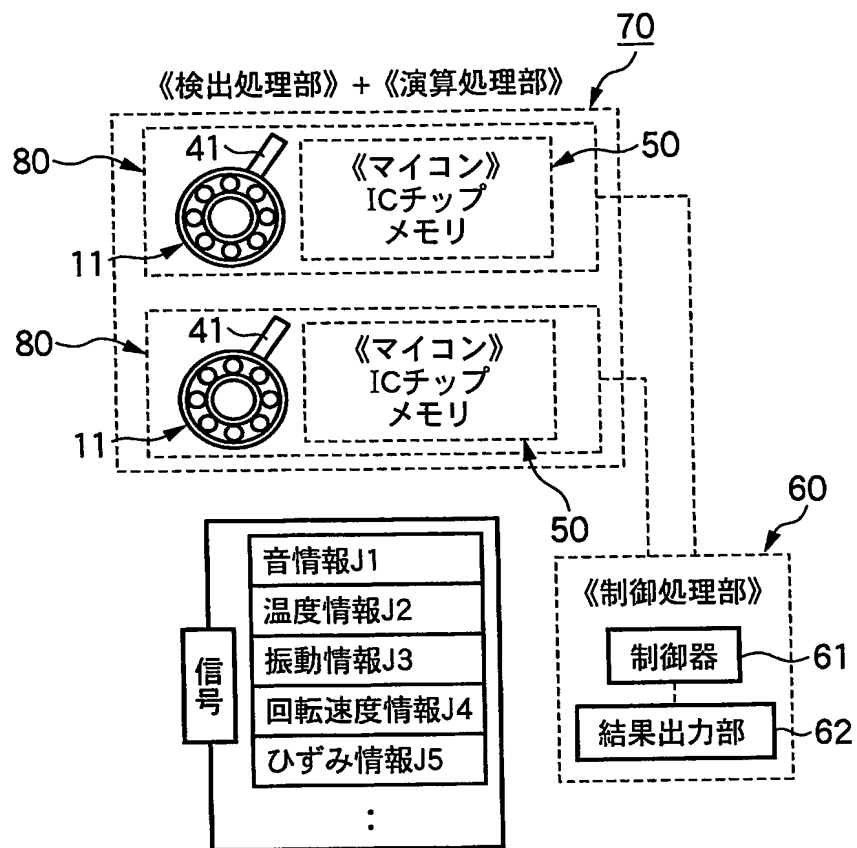
fb:転動体自転速度 [Hz] Da:転動体直径 [mm]

dm:ピッチ円直径 [mm] α:接触角 [度]

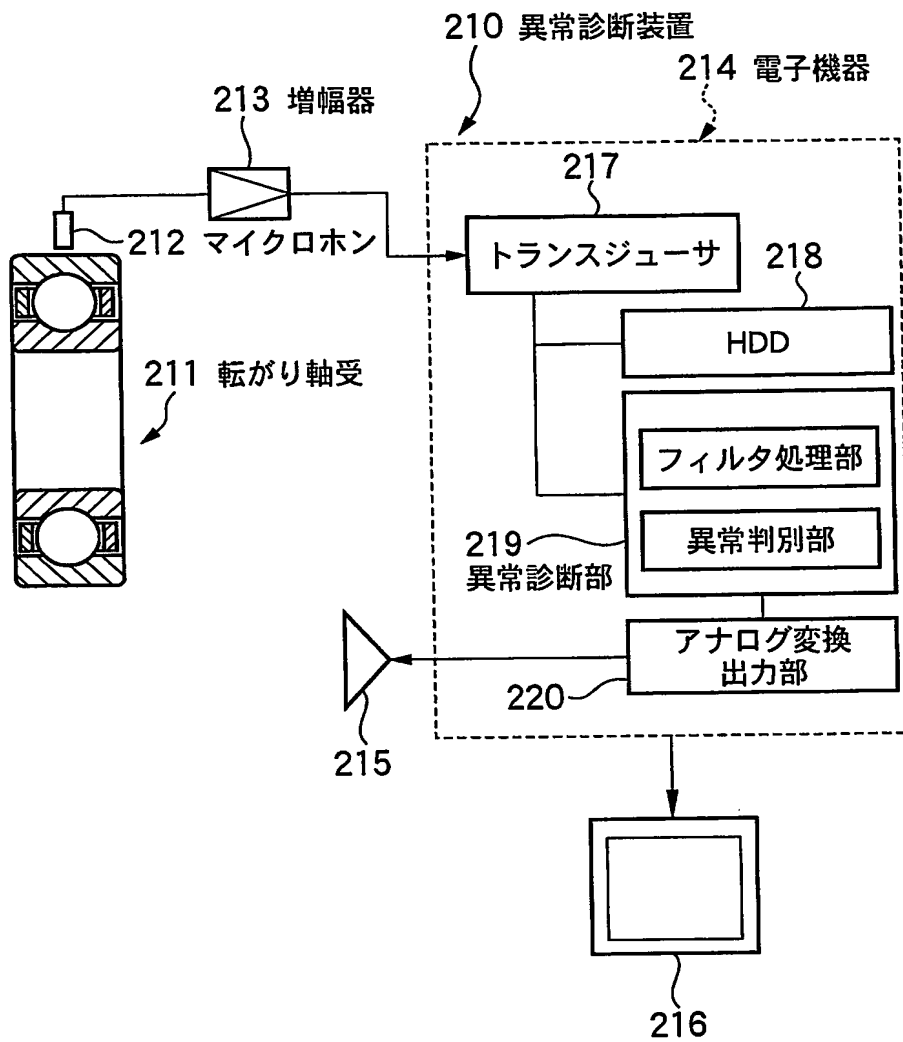
【図 5】



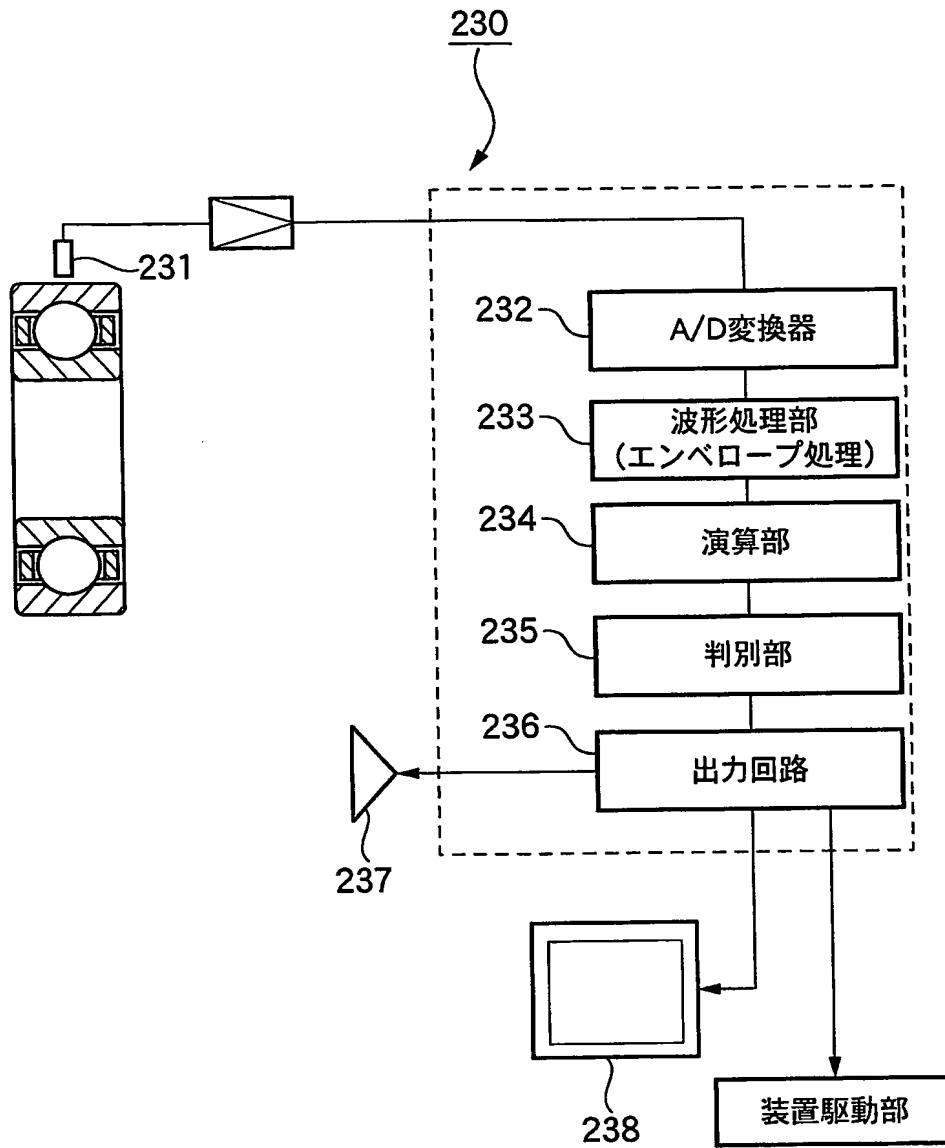
【図 6】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 鉄道車両設備や工作機械や風車等の機械設備のように分解するのに手間が掛かるような装置を分解することなく、突発的なノイズ等の影響を受けにくい高精度な機械設備の状態監視方法及び装置を提供する

【解決手段】 回転体（11）と摺動部材の少なくとも一つを備えた、機械設備（10）の状態監視方法であって、前記機械設備（10）から発生する信号を基に、該機械設備（10）の所定の物理量を解析し、解析した結果と前記機械設備（10）の異常の有無の診断基準となる情報とを第一の時間毎に比較照合して前記機械設備（10）の異常の有無を仮診断し、比較照合を所定の回数行った時、若しくは、第二の時間毎に、比較照合した結果に基づいて、異常と仮診断した回数が閾値以上である場合に異常と判定する総合評価を行い、前記機械設備の異常の有無及び異常部位を診断することを特徴とする機械設備（10）の状態監視方法。

【選択図】 図5

特願 2003-182996

出願人履歴情報

識別番号

[000004204]

1. 変更年月日

1990年 8月29日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区大崎1丁目6番3号

氏 名

日本精工株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☒ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.